

II-538

回転平膜モジュールを用いた分離膜と生物膜の一体化

北海道大学大学院 学生員 木村 克輝
北海道大学工学部 正員 渡辺 義公
日立プラント建設 大熊那夫紀

1. はじめに

近年、水処理の様々な分野において膜分離が注目されている。コンパクトであること、操作が簡便であることなどのメリットを持つ反面、溶解性成分は膜単独では除去ができないということが明らかになってきている。上水道で膜を導入した場合、問題となる物質としてはアンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)があげられる。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は水道水の安全性、美味性を低下させる。汚濁の進んだ河川では $\text{NH}_4\text{-N}$ は既に問題となっており生物学的酸化処理、生物活性炭などの生物処理プロセスを付加することで対応している。しかし、対象とする濃度が希薄であることから物質移動律速となり、必ずしも十分な効果はあがっていない。

近い将来、上水道に膜が導入されたとしても、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は膜では除去できない。今後、さらに水源の汚染が予想される現状を考えると、膜が導入される時点ではかなりの浄水場で $\text{NH}_4\text{-N}$ への対応が必要となっていると思われる。そこで、本研究では膜分離と生物処理を単一反応槽で行い、膜分離と $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化を同時に行うリアクターを提案する。

2. 実験方法

本研究では回転平膜モジュール¹⁾を用いた。図-1に構造を示す。円形のディスク両面に膜を貼り合わせ、回転させながら回転軸を通じて吸引ろ過するものである。膜材質はポリスルホン、分画分子量750000のUF膜を用いた。膜分離槽の中に微生物群を投入し、ろ過を行えば膜表面に微生物が堆積し、生物膜の形成が予想される。実験フローを図-2に示す。ろ過原水には水道水に $\text{NH}_4\text{-N}$ 、濁質としてのカオリンを混合したものを用いた。水量調整槽を設けることにより、ろ過流量と等しい流量の水を膜に供給できるため、オーバーフローは発生しない。また、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化のためのエアレーションを膜分離槽内で行っている。膜分離槽内に下水処理場から採取した活性汚泥をMLSS濃度で1000mg/l投入し、実験を開始した。なお、運転形式は定流量運転である。

3. 実験結果

膜回転数210rpm、Flux=1m/dの条件で200時間ほどろ過をしたところで、膜面に微生物が付着しているのが肉眼で確認できた。この付着した微生物で $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化が起こるかどうかなを確認するため、槽内から活性汚泥を排出し、膜面に微生物を付着させたまま運転を開始した。運転条件は膜回転数50rpm、Flux=0.5m/dである。運転開始直後はほとんど $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化は起こらないが、徐々に処理能力は上がってゆき、十日ほどで2mg/l～3mg/lの $\text{NH}_4\text{-N}$ ならば完全に硝酸まで硝化が可能となった。

吸引圧力の経時変化を図-3に示す。設定流量を下げたにも関わらず運転の継続につれて吸引圧力は上昇していった。吸引圧力が上昇してゆくと、最後には膜ろ過ができなくなってしまうので、膜を洗浄して透過性

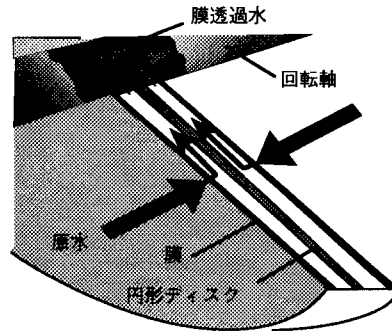


図-1 回転平膜構造図

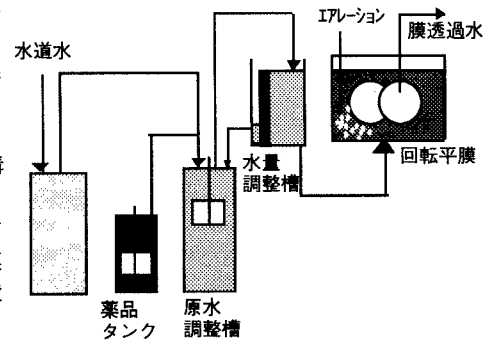


図-2 実験フロー

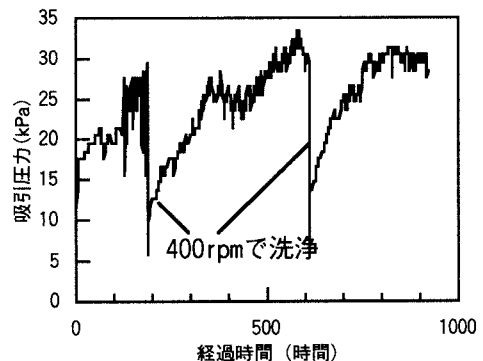


図-3 吸引圧力の経時変化

能を回復させる必要がある。そこで、本実験では通常行われる逆圧洗浄の代わりに、膜を高速で回転させることにより膜面の微生物をはぎ取ることによって透過性能の回復を試みた。400rpmで15分回転させることにより、膜面に付着していた微生物のケーキは剥離した。この時の膜表面の電子顕微鏡写真から、ケーキをはがし取れば、膜細孔は新品の膜に比べてそれほど詰まっていないことがわかった。

処理水質の経時変化を図-4に示す。安定した $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化が実現していることがわかる。流入濃度を上げると残存 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度も増加するが、流入濃度2~3mg/lならば処理水中濃度をほとんどゼロにでき、上水道での $\text{NH}_4\text{-N}$ 処理には十分な性能が維持できた。カオリンが混入しても $\text{NH}_4\text{-N}$ の処理性に影響はなかった。

4. 回転円板(RBC)法との比較

本実験で行ったように、円板上に生物膜を保持して $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化を行うプロセスとしては回転円板(RBC)法が既に実用化されている。RBC法については、生物膜表面における物質収支から生物膜への $\text{NH}_4\text{-N}$ fluxを予測し得るモデルが既に提案されている²⁾。このモデルを用いて、本実験で膜表面に付着した生物膜と同じ生物膜を持つRBCを仮定し、本実験で用いた装置との比較を行った。

計算結果を図-5に示す。実線は本実験と同じ生物膜を持つRBCを使って、同じ滞留時間で処理を行った場合の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を示している。点線はRBCの標準的な回転数(1.6rpm)で計算したものである。回転数が下がると拡散層が厚くなるため、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の生物膜への移動速度が小さくなり、処理水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は高くなる。点は本実験での実測値を表している。RBCに比べてかなり $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の低い処理水を得ることができた。表面に生物膜を保持しながら分離膜でろ過を行えば、生物膜への $\text{NH}_4\text{-N}$ の移動が通常の分子拡散の他、膜ろ過に伴う移流によっても起こり、このような良好な処理が実現できたものと思われる。

膜ろ過が処理性を向上させる原因は移流による物質移動の促進の他にもう一つ考えられる。本実験のような方法で膜ろ過を行えば、被処理水は必ず生物膜を通過した後に膜ろ過される。この生物膜通過の際に $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化が起こっている可能性がある。図-6に被処理水の移動に伴う $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の変化を示す。微量ではあるが $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化が生物膜を通過する際に起こっていることが分かる。

5. 結論

1. 回転平膜を用いることにより膜と生物処理の一体化は可能である。膜回転数を上昇させる洗浄のみで1000時間程度の運転継続が可能であった。
2. 分離膜表面に生物膜を保持することにより、従来以上に効率的な処理が可能である。その理由は膜ろ過に伴う移流の効果と、生物膜通過の際の生物反応である。

参考文献

- 1) N. Ohkuma et al.: Application of Rotary Disk Membrane Type UF Module to the Activated Sludge Process, the 1987 ICOM proceedings, p408-409
- 2) 渡辺義公・西留 清: 物質移動モデルに基づく回転円板法の合理的設計—基礎理論と硝化プロセスへの適用—, 下水道協会誌 26 (301) 34-42

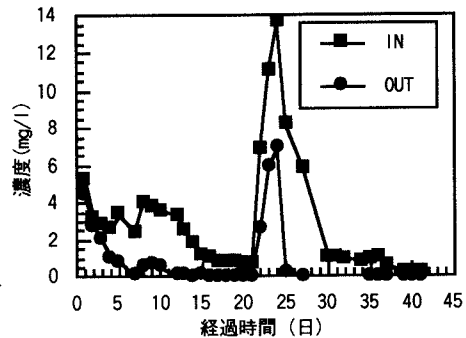


図-4 アンモニア性窒素濃度の経時変化

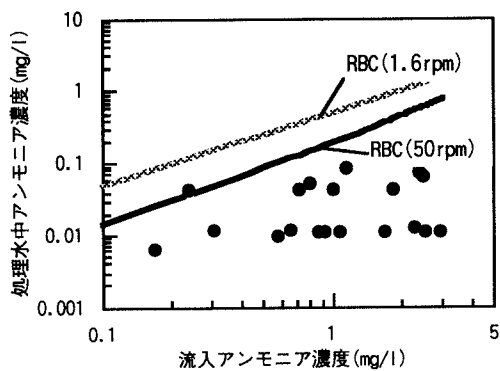


図-5 RBCとの比較

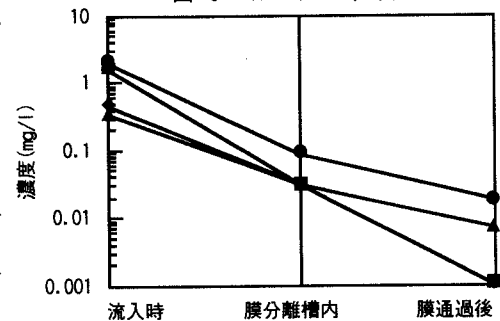


図-6 被処理水移動に伴うアンモニア濃度変化